

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-330598

(43)Date of publication of application : 15.11.2002

(51)Int.Cl.

H02N 11/00  
A61M 25/01

(21)Application number : 2001-135448

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE OF  
ADVANCED INDUSTRIAL &  
TECHNOLOGY  
TOYO TIRE & RUBBER CO LTD

(22)Date of filing : 02.05.2001

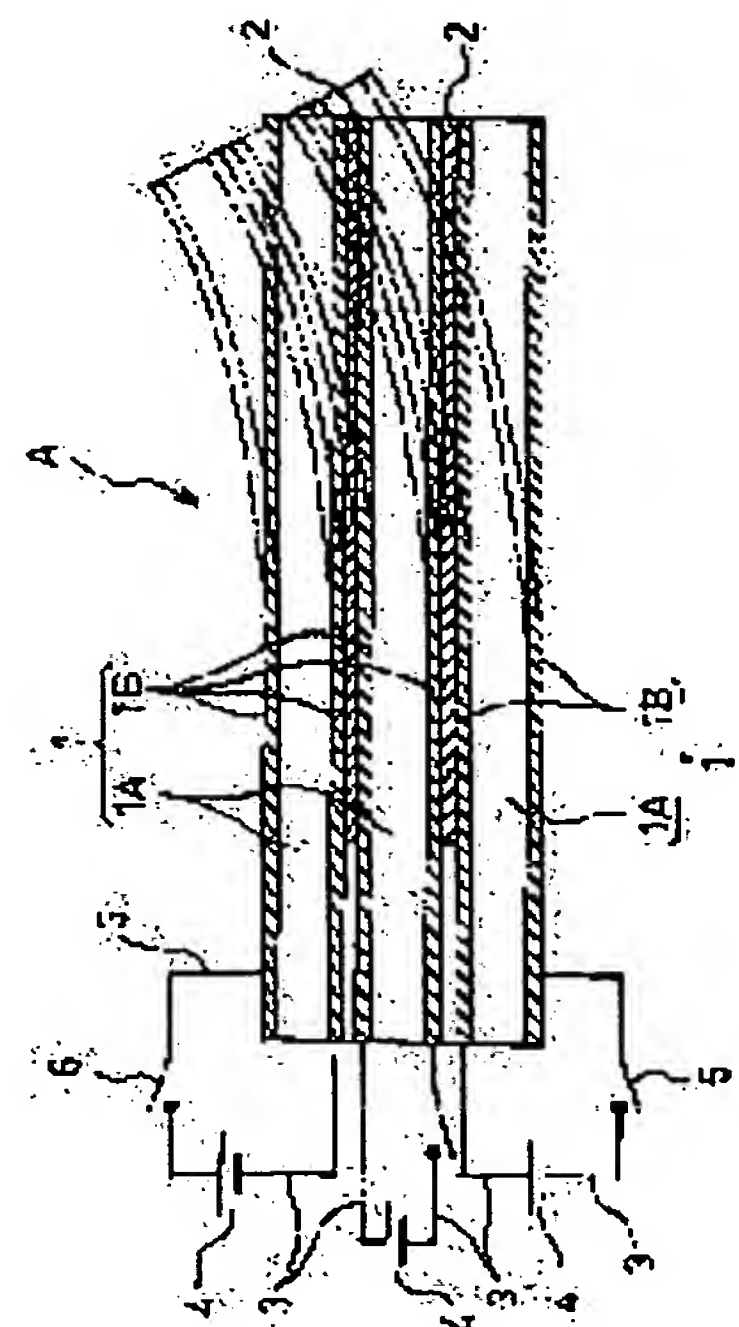
(72)Inventor : AZUMI KINSHI  
FUJIWARA NAOKO  
OGURO KEISUKE  
HIRAOKA TAKANORI  
SAKATA TOSHIFUMI

## (54) LAMINATED HIGH-POLYMER ACTUATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminated high-polymer actuator, which improves its output pressure and makes significant expansion of the applicable range, reducing little displacement volume.

SOLUTION: The laminated high-polymer actuator is made by laminating a plurality of high-polymer actuator elements 1 having each an ion-exchange-resin-formed board 1A, which can be bent and deformed by applying a potential difference between electrodes 1B and 1B, via a plurality of electrical insulation layers 2; and is constituted of the actuator elements 1, whose bending and deforming is operable in a same direction, by applying voltage to the electrodes 1B of each high-polymer actuator element 1, severally and at the same time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It consists of an electrode joined to the ion-exchange-resin shaping plate by the front flesh-side both sides at the mutual insulation condition. The laminating of the plurality of the giant-molecule actuator component which enabled generating of a curve and deformation is carried out to an ion-exchange-resin shaping plate through an electric insulation layer by applying the potential difference to inter-electrode in the moisture state of an ion-exchange-resin shaping plate. the electrode of each giant-molecule actuator component of these plurality -- each -- another and the laminating mold giant-molecule actuator characterized by impressing an electrical potential difference to coincidence and constituting two or more giant-molecule actuator components possible [ a curve and deformation actuation ] in the same direction.

[Claim 2] The laminating mold giant-molecule actuator according to claim 1 with which the above-mentioned electric insulation layer consists of supple rubber or resin sheets.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the laminating mold giant-molecule actuator constituted using the giant-molecule actuator component it was made to make this ion-exchange-resin shaping plate produce a curve and deformation by applying the potential difference to an ion-exchange-resin shaping plate by the moisture state.

[0002] 3

[Description of the Prior Art] The giant-molecule actuator component has many properties, as it said that the amount of lightweight small and displacement big [ it being not only cheap, but excelling in responsibility, a resistance to environment, etc. ] by the low battery was obtained compared with small actuators, such as an electrostatic suction mold known from old, a piezo-electric mold, an ultrasonic type, a shape memory alloy type, and a giant-molecule flexible type. The technique of utilizing a giant-molecule actuator component as a movable element of medical-application instruments, such as for example, a catheter for blood vessel insertion and induction of an endoscope, is conventionally proposed as indicated by JP,6-6991,A, JP,8-10336,A, etc. paying attention to the property of such a giant-molecule actuator.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the giant-molecule actuator component used conventionally Like the movable partition film in the liquid filled system vibration isolator used for the engine mount for automobiles etc. since the output pressure (force produced in a field) is small considering the amount of displacement Though it remained as it is to the movable element on which an always big load acts in a use mode, and the movable element which needs to resist a load and needs to be operated, and it could not use for it, therefore it had many properties like previous statement, the applicability was restrained naturally.

[0004] Also although it is possible to use a large thing thick as an ion-exchange resin shaping plate which is the main component of a giant-molecule actuator component as the solution means, to carry out the laminating of two or more giant-molecule actuator components simply, etc. Even if a thing with a thickness of about 300 micrometers is max and it uses the IONA exchange resin shaping plate of the maximum thickness as an existing ion-exchange-resin shaping plate, an output pressure which leads to expansion of applicability is not obtained. Moreover, in what carried out the laminating simply, resistance increases, it may decrease extremely or the problem of the amount of displacement not carrying out displacement actuation at all may be generated.

[0005] This invention aims at offering the laminating mold giant-molecule actuator which can improve an output pressure and can aim at remarkable expansion of applicability, without having been made in view of the above-mentioned actual condition, and falling most amounts of displacement.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the laminating mold giant-molecule actuator concerning this invention It consists of an electrode joined to the ion-exchange-resin shaping plate by the front flesh-side both sides at the mutual insulation condition. The laminating of the plurality of the giant-molecule actuator component which enabled generating of a curve and deformation is carried out to an ion-exchange-resin shaping plate through an electric insulation layer by applying the potential difference to inter-electrode in the moisture state of an ion-exchange-resin shaping plate. the electrode of each giant-molecule actuator component of these plurality -- each -- they are another and the thing characterized by impressing an electrical potential difference to coincidence and constituting two or more giant-molecule actuator components possible [ a curve and deformation actuation ] in the same direction.

[0007] the electrode of two or more giant-molecule actuator components of each, by which the laminating was carried out on both sides of the electric insulation layer according to this invention of the above-mentioned configuration, -- each -- another and by impressing an electrical potential difference to coincidence and making the ion-exchange-resin shaping plate of the giant-molecule actuator component of these plurality curve and transform in the same direction Improvement in the output pressure as the whole actuator can be aimed at by the total of the output pressure of two or more giant-molecule actuator components, there being no reduction of the amount of displacement accompanying increase of resistance, and maintaining the almost predetermined amount of displacement. It is possible for an always big load to act in a use mode, or to be able to use also for the movable element with which the high output pressure which said that it was necessary resist a load and to make it operate is demanded, and to attain

expansion-ization of the applicability by this. In addition, about the improvement result of the output pressure of the laminating mold giant-molecule actuator concerning this invention, it clarifies in the example of a trial mentioned later.

[0008] In the above-mentioned laminating mold giant-molecule actuator, it is desirable to use resin sheets, such as rubber according to claim 2 which is [ like ] supple or polyethylene (PE), and polypropylene, as an electric insulation layer made to intervene between the laminatings of two or more giant-molecule actuator components. The rubber or the resin sheet with such flexibility will carry out curve deformation smoothly, without following the curve of each giant-molecule actuator component, and deformation actuation, and giving mechanical resistance, and can attain certainly a high increase in power as the whole giant-molecule actuator.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on a drawing. Drawing 1 is the block diagram of the laminating mold giant-molecule actuator concerning this invention, and this laminating mold giant-molecule actuator A comes to carry out the laminating of giant-molecule actuator component 1 -- [ two or more (although three pieces show on a drawing, what is necessary is just two or more pieces) ] through electric insulation layer 2 -- which consists of resin sheets, such as supple rubber sheet or PE, and PP.

[0010] Ion-exchange-resin shaping plate 1A constituted from an electrolyte ingredient by long and slender rectangle plate-like so that each giant-molecule actuator component 1 might be specified in drawing 2 , While having the electrodes 1B and 1B mutually joined and formed in front flesh-side both sides of this ion-exchange-resin shaping plate 1A in the electric insulation condition and connecting the end section of the lead wire 3 and 3 of a pair to Electrodes 1B and 1B, respectively By connecting the power source 4 through the switch 6 between the other end of each lead wire 3 and 3, impressing an electrical potential difference to Electrodes 1B and 1B in the moisture state of ion-exchange-resin shaping plate 1A, and applying the potential difference between two-electrodes 1B and 1B It is constituted in order to generate a curve and deformation as made the moisture content by the side of both sides produce a difference in migration of the water molecule accompanying the migration by the side of the cathode (one electrode 1B) of the cation in ion-exchange-resin shaping plate 1A and shown in the imaginary line of drawing 2 .

[0011] In the laminating mold giant-molecule actuator A which comes to carry out the laminating of two or more giant-molecule actuator component 1 -- of a configuration like the above through electric insulation layer 2 -- each electrode 1B of each giant-molecule actuator component 1 --, and 1B-- switch 6 -- and power-source 4-- minding -- each -- each giant-molecule actuator component 1 --, as the electrical potential difference independently same to coincidence is impressed and it is shown in the imaginary line of drawing 1 They are two or more giant-molecule actuator components 1, without curving in the same direction and inviting most falls of the amount of displacement accompanying increase of resistance to it by carrying out deformation actuation. -- Improvement in the output pressure as the whole laminating mold giant-molecule actuator A can be aimed at by the total of an output pressure.

[0012] Hereafter, the example of a trial which this invention person performed is explained about the output pressure of the laminating mold giant-molecule actuator concerning this invention. It is Li<sup>+</sup> considering gold plate as a multiple-times deed and counter ion to sample offering sample NAFION-117 (product made from Du Pont). The used giant-molecule actuator component is used. The giant-molecule actuator component of 2 or 2 examples of a comparison for that to which this giant-molecule actuator component carried out the laminating of the giant-molecule actuator component of 1 or 2 examples of a comparison for the thing of a monolayer simply among them The polyethylene film used as an electric insulation layer It fixes with a double-sided tape and what carried out [ fixed / with the double-sided tape ] the laminating of the polyethylene film which serves as an electric insulation layer, respectively between the components which adjoin the giant-molecule actuator component of 1 or 3 examples of this invention article in what carried out the laminating is made into the example 2 of this invention article.

As a giant-molecule actuator component of a sample size single, die-length L uses 35mm and



the thing 10mm and whose thickness t width of face w is 0.2mm.

[0013] As shown in the measuring method and measuring device drawing 3 of an output pressure, cantilever immobilization of the end section 10a of each sample offering sample 10 equivalent to the examples 1 and 2 of a comparison and examples 1 and 2 is carried out through a fixture 11. By this, the die length x from 25mm and a fixed support to point of measurement MP is set to 20mm by the die length L1 of an actual free operating range of each sample offering sample 10. The electrical potential difference of 10V is impressed to the sample offering sample 10 from that fixed part side in this condition, a random wave is inputted, excitation of the free edge 10b of the sample offering sample 10 is carried out up and down, and it asks for the resonance angular frequency  $\omega$  corresponding to the primary oscillatory type corresponding to a resonance peak with the lowest frequency from the behavior of that vibration. Moreover, amount of displacement  $\delta_{\max}$  at the tip of free edge 10b of the sample offering sample 10 is calculated from the behavior of the above-mentioned vibration. This amount of displacement  $\delta_{\max}$  analyzed the dynamic image photoed with the CCD camera, or although it was also possible to have asked by direct or approximation from the measured value which used the laser displacement gage, the following calculation approach that the highest precision was acquired in an exam was used for it. That is, amount of displacement  $\delta_{\max}$  is computed by the following formula (1) from the amount  $\delta x$  of displacement in point of measurement MP, and the die length x from a fixed support to point of measurement MP.

$$\delta_{\max} = \delta x - Wx / WL1 \dots (1)$$

{-- the variation rate at the point of measurement MP computed here from the formula to which  $Wx / WL1$  expresses the primary normal vibration form of a cantilever, and the tip of free edge 10b -- it is obtained by calculating  $Wx$  and  $WL1$  by expressing the ratio of an amount and this  $Wx / WL1$  substituting  $(x / L1)$  ( $L1 / L1$ ) for  $x_i$  of the following formula (2), and asking for a ratio. }

[0014]

$$W = (\cos \lambda + \cosh \lambda) (\sin \lambda x_i - \sinh \lambda x_i) - \sin \lambda + \sinh \lambda (\cos \lambda x_i - \cosh \lambda x_i) \dots (2)$$

[0015] Next, a modulus of longitudinal elasticity E is computed by the following formula (3) from the resonance angular frequency  $\omega$  for which it asked as mentioned above, and a known value.

$$E = \omega^2 \rho A / (a^4 I) \dots (3)$$

{-- here -- in the consistency of a sample offering sample, and A, the cross section ( $w \times t$ ) of free edge 10a and a express  $\lambda / L1$  ( $\lambda$  is the primary nondimensional frequency of a cantilever,  $L1$  is the die length of free edge 10a, and since  $\lambda$  is the primary nondimensional frequency of a cantilever, it is set to  $a = 1.875 / L1$ ), and I expresses [  $\omega$  / resonance angular frequency and  $\rho$  ] the cross-section second moment of free edge 10a.

[0016] A full load W is computed by the following formula (4) from the modulus of longitudinal elasticity E computed by the above-mentioned formula (3), and amount of displacement  $\delta_{\max}$  computed by the formula (1).

$$W = \delta_{\max} EI / (\beta L^3) \dots (4)$$

{-- here, in I, the cross-section second moment of free edge 10a and  $\beta$  express (one eighth), and  $L1$  expresses the die length of free edge 10a. }

[0017] The pressure per input, i.e., an output pressure, is computed by  $\times$ (ing) the full load W computed by the above-mentioned formula (4) in area ( $L1 \times w$ ), searching for the load per unit area and  $\times$ (ing) the load per the unit area with input voltage (10V).

[0018] When the output pressure about each sample offering sample of the examples 1 and 2 of a comparison and examples 1 and 2 was computed using a measuring method and a measuring device which were described above, the result as shown in the next table 1 was obtained.

[0019]

[Table 1]

供試サンプル	出力圧 (単位 : k P a / V)
比較例 1	0. 0 3 1 7
比較例 2	0. 0 4 1 3
実施例 1	0. 0 8 7 3
実施例 2	0. 1 5 5 1

[0020] From the result of the output pressure of Table 1 to example of comparison 2 (simple laminating) / example 1 (monolayer) of a comparison = As opposed to stopping at improvement in an about 1.3 times as many output pressure as this example 1 (insulating laminating of two sheets) / example of comparison 1(monolayer) = about 3 time example 2 (insulating laminating of three sheets) / comparison -- about [ example 1(monolayer) = about 5 time example 1 (insulating laminating of two sheets) / / example of comparison 2(simple laminating) = ] -- 2 double examples 2 (insulating laminating of three sheets) / example of a comparison -- improvement in a 2 (simple laminating) = about 4 times as many output pressure as this Being obtained was checked.

[0021]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention according to claim 1 to 2, on both sides of an electric insulation layer, the laminating of two or more giant-molecule actuator components is carried out. Small and cheap the electrode of each giant-molecule actuator component of these plurality -- each -- by considering as the configuration which impresses an electrical potential difference to coincidence, another and the place which a giant-molecule actuator component has essentially are lightweight -- The output pressure as the whole actuator can be improved remarkably, there being also no reduction of the amount of displacement accompanying increase of the resistance which is seen in the case of a simple laminating, and maintaining the predetermined amount of displacement, while maintaining the outstanding properties, such as power-saving, responsibility, and a resistance to environment. Therefore, in a use mode, an always big load acts like the movable partition film in the liquid filled system vibration isolator used for the engine mount for automobiles etc., or it can use effectively also for the movable element with which the high output pressure which said that it was necessary resist a load and to make it operate is demanded, and the effectiveness that remarkable expansion-ization of the applicability can be attained is done so.

[0022] Especially, as an electric insulation layer, without following an electric insulation layer at the curve of each giant-molecule actuator component, and deformation actuation, and giving mechanical resistance, by using the rubber or the resin sheet according to claim 2 which is [ like ] supple, it is possible to carry out curve deformation smoothly, and a high increase in power as the whole laminating mold giant-molecule actuator can be attained certainly.

---

[Translation done.]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline sectional view showing the configuration of the laminating mold giant-molecule actuator concerning this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of a giant-molecule actuator component.

[Drawing 3] It is the outline perspective view which explains the measuring method and measuring device of an output pressure of each sample offering sample among the examples of a trial performed about each example of a laminating mold giant-molecule actuator and example of a comparison concerning this invention.

[Description of Notations]

1 Giant-Molecule Actuator Component

1A Ion-exchange-resin shaping plate

1B Electrode

2 Electric Insulation Layer

3 Lead Wire

4 Power Source

A Laminating mold giant-molecule actuator

---

[Translation done.]

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 2 N 11/00  
A 6 1 M 25/01

識別記号

F I  
H 0 2 N 11/00  
A 6 1 M 25/00

テ-マ-ト\*(参考)  
Z 4 C 1 6 7  
3 0 9 B

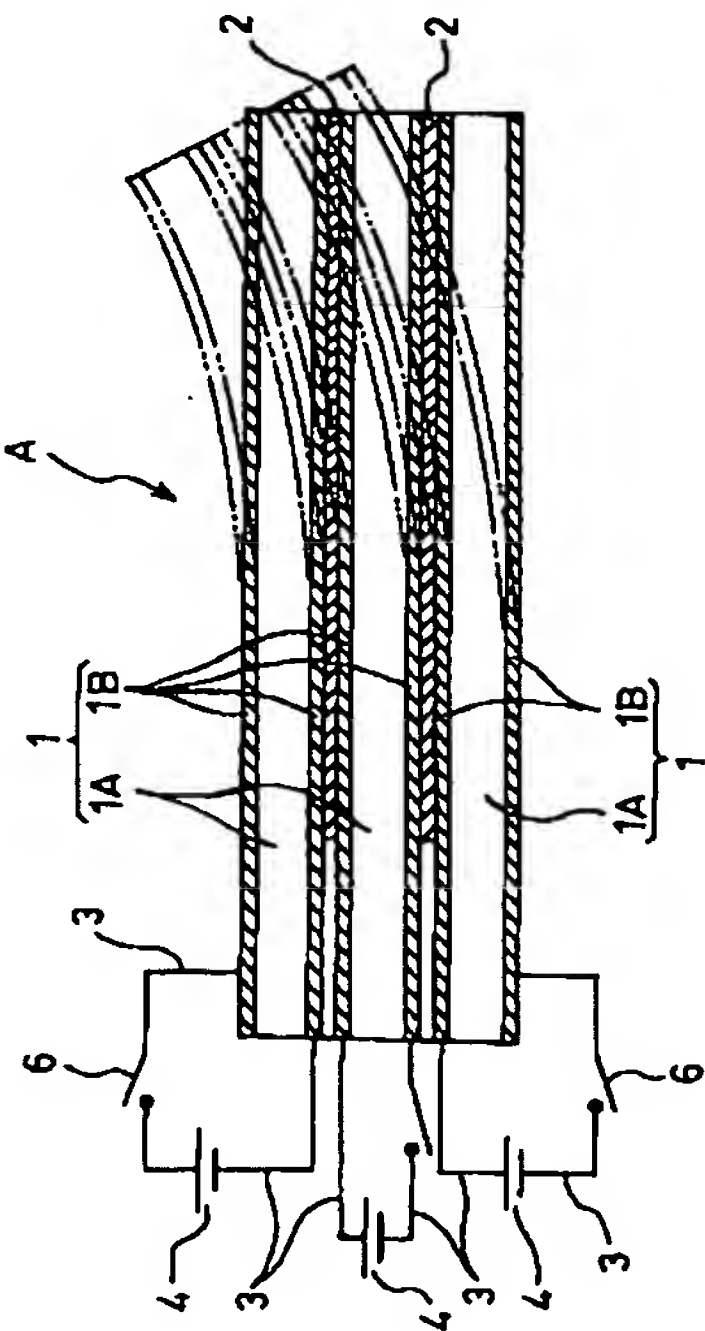
審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願2001-135448(P2001-135448)	(71)出願人	301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(22)出願日	平成13年5月2日(2001.5.2)	(71)出願人	000003148 東洋ゴム工業株式会社 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号
		(72)発明者	安積 欣志 大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行政法人産業技術総合研究所関西センター内
		(74)代理人	100072338 弁理士 鈴江 孝一 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 積層型高分子アクチュエータ

(57)【要約】  
【課題】 変位量をほとんど低下することなく、出力圧を向上することができて適用範囲の著しい拡大が図れる積層型高分子アクチュエータを提供する。  
【解決手段】 電極1B、1B間に電位差をかけることにより湾曲及び変形可能なイオン交換樹脂成形板1Aを有する高分子アクチュエータ素子1の複数個を電気絶縁層2を介して積層してなり、各高分子アクチュエータ素子1…の電極1B、1B…に各別かつ同時に電圧を印加してそれらアクチュエータ素子1…を同一方向に湾曲変形動作可能に構成している。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 イオン交換樹脂成形板とその表裏両面に相互絶縁状態に接合された電極とからなり、イオン交換樹脂成形板の含水状態において電極間に電位差をかけることによりイオン交換樹脂成形板に湾曲及び変形を発生可能とした高分子アクチュエータ素子の複数個を電気絶縁層を介して積層し、それら複数個の高分子アクチュエータ素子それぞれの電極に各別かつ同時に電圧を印加して複数個の高分子アクチュエータ素子を同一方向に湾曲、変形動作可能に構成していることを特徴とする積層型高分子アクチュエータ。

【請求項2】 上記電気絶縁層が、柔軟性のあるゴムもしくは樹脂シートから構成されている請求項1に記載の積層型高分子アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、イオン交換樹脂成形板に含水状態で電位差をかけることにより該イオン交換樹脂成形板に湾曲及び変形を生じさせるようにした高分子アクチュエータ素子を利用して構成される積層型高分子アクチュエータに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】高分子アクチュエータ素子は、従前から知られている静電吸引型、圧電型、超音波式、形状記憶合金式、高分子伸縮式等の小型アクチュエータに比べて、軽量小型、安価であるだけでなく、応答性、耐環境性等に優れ、かつ、低電圧で大きな変位量が得られるといったように、数多くの特性を有している。このような高分子アクチュエータの特性に着目して、例えば特開平6-6991号公報や特開平8-10336号公報等にも開示されているとおり、高分子アクチュエータ素子を、例えば血管挿入用カテーテルや内視鏡の導入部等の医療用器具の可動要素として活用する技術が従来より提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来より用いられていた高分子アクチュエータ素子は、変位量の割に出力圧（面に生じる力）が小さいために、例えば自動車用エンジンマウント等に用いられる液体封入式防振装置における可動仕切り膜などのように、使用態様において常に大きな荷重が作用する可動要素や、荷重に抗して動作させる必要がある可動要素等にはそのまま利用することができず、したがって、既述のごとき数多くの特性を有しながらも、その適用範囲は自ずと制約されていた。

【0004】その解決手段として、高分子アクチュエータ素子の主たる構成材料であるイオン交換樹脂成形板として肉厚の大きいものを使用することや、複数個の高分子アクチュエータ素子を単純に積層すること等が考えられるけれども、現存するイオン交換樹脂成形板としては

肉厚300 $\mu$ m程度のものが最大であって、その最大肉厚のイオン交換樹脂成形板を用いたとしても適用範囲の拡大につながるような出力圧は得られない。また、単純に積層しただけのものでは抵抗が増大して変位量が極端に減少したり、あるいは、全く変位動作しなくなる等の問題を発生する可能性がある。

【0005】本発明は上記実情に鑑みてなされたもので、変位量をほとんど低下することなく、出力圧を向上することができて適用範囲の著しい拡大を図ることができる積層型高分子アクチュエータを提供することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る積層型高分子アクチュエータは、イオン交換樹脂成形板とその表裏両面に相互絶縁状態に接合された電極とからなり、イオン交換樹脂成形板の含水状態において電極間に電位差をかけることによりイオン交換樹脂成形板に湾曲及び変形を発生可能とした高分子アクチュエータ素子の複数個を電気絶縁層を介して積層し、それら複数個の高分子アクチュエータ素子それぞれの電極に各別かつ同時に電圧を印加して複数個の高分子アクチュエータ素子を同一方向に湾曲、変形動作可能に構成していることを特徴とするものである。

【0007】上記構成の本発明によれば、電気絶縁層を挟んで積層された複数個の高分子アクチュエータ素子それぞれの電極に各別かつ同時に電圧を印加してそれら複数個の高分子アクチュエータ素子のイオン交換樹脂成形板を同一方向に湾曲、変形させることにより、抵抗の増大に伴う変位量の減少がなく、ほぼ所定の変位量を保ちつつ、複数個の高分子アクチュエータ素子の出力圧の合算によってアクチュエータ全体としての出力圧の向上が図れる。これによって、使用態様において常に大きな荷重が作用するとか、荷重に抗して動作させる必要があるとかいった高い出力圧が要求される可動要素にも利用でき、その適用範囲の拡大化を図ることが可能である。なお、本発明に係る積層型高分子アクチュエータの出力圧の向上結果については、後述する試験例で明らかにする。

【0008】上記積層型高分子アクチュエータにおいて、複数個の高分子アクチュエータ素子の積層間に介在させる電気絶縁層としては、請求項2に記載のように、柔軟性のあるゴムもしくはポリエチレン（PE）やポリプロピレン等の樹脂シートを用いることが望ましい。このような柔軟性のあるゴムもしくは樹脂シートは各高分子アクチュエータ素子の湾曲、変形動作に追従して機械的な抵抗を与えることなく滑らかに湾曲変形することになり、高分子アクチュエータ全体としての高出力化を確実に達成することができる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面

にもとづいて説明する。図1は本発明に係る積層型高分子アクチュエータの構成図であり、この積層型高分子アクチュエータAは、複数個（図面上では3個で示すが、2個以上であればよい）の高分子アクチュエータ素子1…を柔軟性のあるゴムシートもしくはPEやPP等の樹脂シートから構成される電気絶縁層2…を介して積層してなる。

【0010】各高分子アクチュエータ素子1は、図2に明示するように、電解質材料から細長い矩形平板状に構成されたイオン交換樹脂成形板1Aと、該イオン交換樹脂成形板1Aの表裏両面に相互に電気絶縁状態に接合し形成された電極1B、1Bとを備え、電極1B、1Bには一対のリード線3、3の一端部がそれぞれ接続されているとともに、各リード線3、3の他端部間にはスイッチ6を介して電源4が接続されており、イオン交換樹脂成形板1Aの含水状態において電極1B、1Bに電圧を印加して両電極1B、1B間に電位差をかけることにより、イオン交換樹脂成形板1A中の正イオンの陰極（一方の電極1B）側への移動に伴う水分子の移動で両面側の水分量に差を生じさせて図2の仮想線に示すような湾曲及び変形を発生させるべく構成されている。

【0011】上記のごとき構成の複数個の高分子アクチュエータ素子1…を電気絶縁層2…を介して積層してなる積層型高分子アクチュエータAにおいて、各高分子アクチュエータ素子1…のそれぞれの電極1B、1B…にスイッチ6…及び電源4…を介して各別かつ同時に同一の電圧を印加して、各高分子アクチュエータ素子1…を図1の仮想線に示すように、同一方向に湾曲、変形動作させることによって、抵抗の増大に伴う変位量の低下をほとんど招くことなく、複数個の高分子アクチュエータ素子1…の出力圧の合算により積層型高分子アクチュエータA全体としての出力圧の向上を図ることができる。

【0012】以下、本発明に係る積層型高分子アクチュエータの出力圧に関し、本発明者が行なった試験例について説明する。

供試サンプル

NAFION-117（Du Pont社製）に金メッキを複数回行ない、カウンターイオンとしてLi<sup>+</sup>を用いた高分子アクチュエータ素子を使用する。この高分子アクチュエータ素子が単層のものを比較例1、2枚の高

$$W = (\cos \lambda + \cosh \lambda) (\sin \lambda \xi - \sinh \lambda \xi) - (\sin \lambda + \sinh \lambda) (\cos \lambda \xi - \cosh \lambda \xi) \quad \dots (2)$$

【0015】次に、上記のようにして求めた共振角周波数 $\omega$ と既知の値から下記の式（3）にて縦弾性率Eを算出する。

$$E = \omega^2 \rho A / (a^4 I) \quad \dots (3)$$

（ここで、 $\omega$ は共振角周波数、 $\rho$ は供試サンプルの密度、Aは自由端部10aの断面積（ $w \times t$ ）、aは $\lambda / L_1$ （ $\lambda$ は片持ち梁の1次の無次元振動数、 $L_1$ は自由端部10aの長さであり、 $\lambda$ は片持ち梁の1次の無次元

\* 分子アクチュエータ素子を単純に積層したものを比較例2、2枚の高分子アクチュエータ素子をそれらの間に電気絶縁層となるポリエチレンフィルムを両面テープで固定し積層したものを本発明品の実施例1、3枚の高分子アクチュエータ素子を隣接する素子間にそれぞれ電気絶縁層となるポリエチレンフィルムを両面テープで固定し積層したものを本発明品の実施例2とする。

サンプルサイズ

単一の高分子アクチュエータ素子として、長さLが35mm、幅wが10mm、厚みtが0.2mmのものを使用する。

【0013】出力圧の測定方法及び測定装置

図3に示すように、比較例1、2及び実施例1、2に相当する各供試サンプル10の一端部10aを固定治具11を介して片持ち固定する。これによって、各供試サンプル10の実際の自由動作範囲の長さL1が25mm、固定支点から測定点MPまでの長さxが20mmとなる。この状態で供試サンプル10にその固定部側から10Vの電圧を印加しランダム波を入力して供試サンプル10の自由端部10bを上下に加振させ、その振動の挙動から最も周波数の低い共振ピークに対応する一次の振動形に対応する共振角周波数 $\omega$ を求める。また、上記振動の挙動から供試サンプル10の自由端部10bの先端の変位量 $\delta_{max}$ を求める。この変位量 $\delta_{max}$ は、例えばCCDカメラで撮影した動画像を解析したり、あるいは、レーザ変位計を用いた測定値から直接または近似により求めることも可能であるが、本試験においては最も高い精度が得られる次の算出方法を採用した。すなわち、測定点MPでの変位量 $\delta_x$ と固定支点から測定点MPまでの長さxとから、下記の式（1）にて変位量 $\delta_{max}$ を算出する。

$$\delta_{max} = \delta_x \cdot W_x / W_{L1} \quad \dots (1)$$

（ここで、 $W_x / W_{L1}$ は片持ち梁の1次の基準振動形を表す式から算出される測定点MPと自由端部10bの先端との変位量の比を表し、この $W_x / W_{L1}$ は下記の式（2）の $\xi$ に（ $x / L_1$ ）と（ $L_1 / L_1$ ）とを代入して、 $W_x$ と $W_{L1}$ とを計算して比を求めることで得られる。）

【0014】

振動数であるため、 $a = 1.875 / L_1$ となる）、Iは自由端部10aの断面2次モーメントを表す。）

【0016】上記の式（3）で算出した縦弾性率Eと、式（1）で算出した変位量 $\delta_{max}$ とから下記の式（4）にて全荷重Wを算出する。

$$W = \delta_{max} \cdot E I / (\beta \cdot L_1^3) \quad \dots (4)$$

（ここで、Iは自由端部10aの断面2次モーメント、 $\beta$ は（1/8）、 $L_1$ は自由端部10aの長さを表

す。}

【0017】上記式(4)で算出した全荷重 $W$ を面積( $L1 \times w$ )で除して単位面積当たりの荷重を求め、その単位面積当たりの荷重を入力電圧(10V)で除することにより、入力当たりの圧力、すなわち、出力圧を算出する。

【0018】上記したような測定方法及び測定装置を用いて比較例1、2及び実施例1、2の供試サンプルそれぞれについての出力圧を算出したところ、次の表1に示すような結果が得られた。

【0019】

【表1】

供試サンプル	出力圧(単位: kPa/V)
比較例1	0.0317
比較例2	0.0413
実施例1	0.0873
実施例2	0.1551

【0020】表1の出力圧の結果から、比較例2(単純積層)／比較例1(単層)＝約1.3倍の出力圧の向上に止まるのに対し、

実施例1(2枚の絶縁積層)／比較例1(単層)＝約3倍

実施例2(3枚の絶縁積層)／比較例1(単層)＝約5倍

実施例1(2枚の絶縁積層)／比較例2(単純積層)＝約2倍

実施例2(3枚の絶縁積層)／比較例2(単純積層)＝約4倍

の出力圧の向上を得られることが確認された。

【0021】

【発明の効果】以上のように、請求項1～2に記載の本発明によれば、複数個の高分子アクチュエータ素子を電気絶縁層を挟んで積層し、これら複数個の高分子アクチュエータ素子それぞれの電極に各別かつ同時に電圧を印\*

\*加する構成とすることにより、高分子アクチュエータ素子が本来的に有するところの軽量小型かつ安価で、省電力化、応答性、耐環境性等の優れた特性を保つと共に、単純積層の場合にみられる抵抗の増大に伴う変位量の減少もなく、所定の変位量を保ちつつ、アクチュエータ全体としての出力圧を著しく向上することができる。したがって、自動車用エンジンマウント等に用いられる液体封入式防振装置における可動仕切り膜などのように使用態様において常に大きな荷重が作用するとか、荷重に抗して動作させる必要があるとかいった高い出力圧が要求される可動要素にも有効利用でき、その適用範囲の著しい拡大化を図ることができるという効果を奏する。

【0022】特に、電気絶縁層として、請求項2に記載のように、柔軟性のあるゴムもしくは樹脂シートを用いることによって、電気絶縁層を各高分子アクチュエータ素子の湾曲、変形動作に追従して機械的な抵抗を与えることなくスムーズに湾曲変形させることが可能で、積層型高分子アクチュエータ全体としての高出力化を確実に達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る積層型高分子アクチュエータの構成を示す概略断面図である。

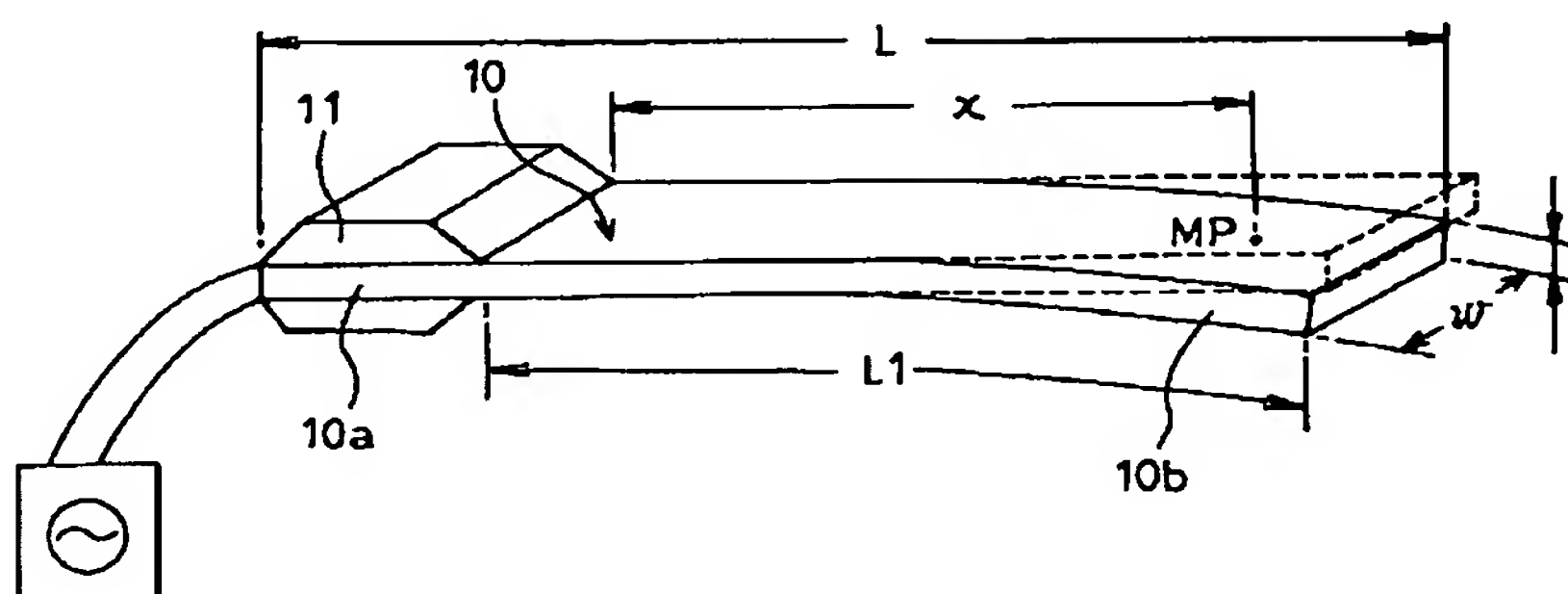
【図2】高分子アクチュエータ素子の断面図である。

【図3】本発明に係る積層型高分子アクチュエータの実施例及び比較例それぞれに関して行なった試験例のうち、各供試サンプルの出力圧の測定方法及び測定装置を説明する概略斜視図である。

【符号の説明】

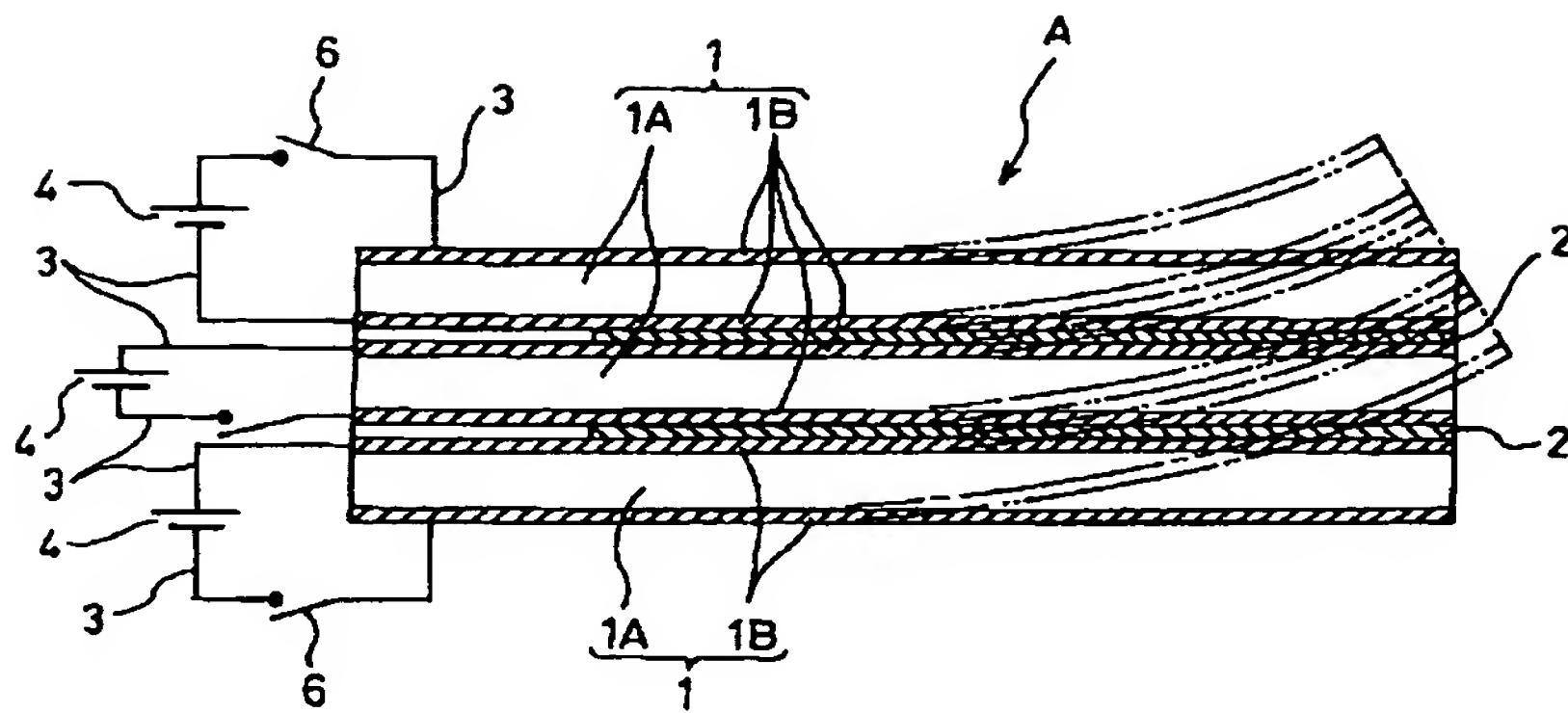
- 1 高分子アクチュエータ素子
- 1A イオン交換樹脂成形板
- 1B 電極
- 2 電気絶縁層
- 3 リード線
- 4 電源
- A 積層型高分子アクチュエータ

【図3】

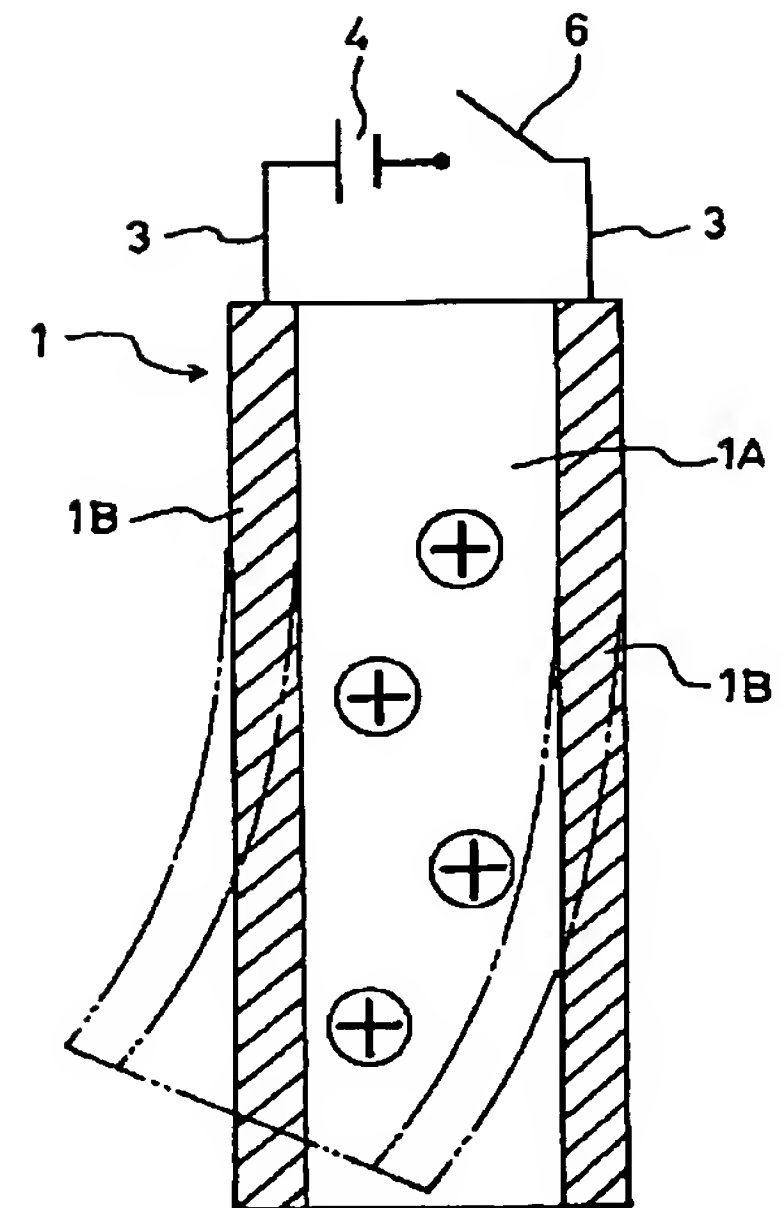




【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 藤原 直子  
大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行  
政法人産業技術総合研究所関西センター内

(72)発明者 小黒 啓介  
大阪府池田市緑丘1丁目8番31号 独立行  
政法人産業技術総合研究所関西センター内

(72)発明者 平岡 孝則  
大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号  
東洋ゴム工業株式会社内

(72)発明者 坂田 利文  
大阪府大阪市西区江戸堀1丁目17番18号  
東洋ゴム工業株式会社内

Fターム(参考) 4C167 AA01 AA31 CC08 CC09 GG50